

# VU Research Portal

## Kundt Spacetimes in General Relativity and Supergravity

Fuster Perez, A.

2007

### **document version**

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

### **citation for published version (APA)**

Fuster Perez, A. (2007). *Kundt Spacetimes in General Relativity and Supergravity*. [PhD-Thesis - Research and graduation internal, Vrije Universiteit Amsterdam].

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

### **E-mail address:**

[vuresearchportal.ub@vu.nl](mailto:vuresearchportal.ub@vu.nl)

# Samenvatting

## Kundt ruimtetijden in Algemene Relativiteitstheorie en Supergravitatie

Iedereen weet dat voorwerpen vallen als er zwaartekracht is. Met andere woorden, als wij een voorwerp loslaten zweeft het niet in de lucht maar valt naar de grond. Als wij in de lucht springen, vallen we ook weer terug. Dit komt door de zwaartekracht op Aarde. De zwaartekracht komt niet alleen voor op Aarde; overal waar materie aanwezig is is er ook zwaartekracht. Newton was de eerste die een theorie van de zwaartekracht ontwikkelde. Een theorie is een model die in staat is om de fysische verschijnselen die wij waarnemen te beschrijven en te voorspellen. De theorie van Newton kan echter vele verschijnselen uit de zwaartekracht niet uitleggen. In 1916 publiceerde Einstein zijn relativiteitstheorie. Deze voorspelde nauwkeurig verschijnselen die pas veel later zijn waargenomen. Dankzij de relativiteitstheorie hebben we bijvoorbeeld het GPS navigatiesysteem tot onze beschikking. Dit maakt mogelijk om onze positie te bepalen met een foutmarge van slechts enkele meters. Als wij alleen Newton's theorie zouden toepassen, zou het GPS navigatiesysteem binnen enkele minuten een foute positie weergeven.

In de relativiteitstheorie worden ruimte en tijd niet meer onafhankelijk van elkaar beschouwd. Ruimte en tijd worden verenigd in de zogeheten ruimte-tijd. Aan de andere kant, de zwaartekracht wordt begrepen als de kromming van deze ruimte-tijd veroorzaakt door de aanwezigheid van materie. Deze kromming is gerelateerd aan de massa van de materie; hoe meer massa hoe krommer de ruimte-tijd wordt. Nabije voorwerpen “vallen” door die kromming en bewegen in de banen die de kromming toelaat. Wij kunnen bijvoorbeeld denken aan het effect dat een bal veroorzaakt in een net. Het net kromt door de bal en dit effect is duidelijk groter hoe zwaarder de bal. Als wij een ander (kleiner) voorwerp in het net plaatsen, zal het “vallen” in de richting van de bal die de kromming veroorzaakt.

De relativiteitstheorie wordt wiskundig beschreven door een stel vergelijkingen die bekend zijn onder de naam Einstein-vergelijkingen. Hun precieze vorm wordt bepaald door de aanwezige materie. In dit proefschrift stellen we nieuwe oplossingen voor van de Einstein-vergelijkingen. Dit betekent, theoretisch gezien, dat wij een nieuwe manier hebben gevonden waarop de ruimte-tijd gekromd kan worden. Of dit type kromming waargenomen kan worden is een andere vraag waarop wij voorlopig geen antwoord hebben. In het bestuderen van de relativiteitstheorie zijn we er van uit gegaan dat de ruimte-tijd meer dan vier dimensies kan hebben. Met andere woorden, voorwerpen hebben niet alleen lengte, hoogte en dikte op een bepaalde moment (=tijd) maar misschien ook andere extra dimensies die te klein zouden zijn om gemerkt te worden. Dit revolutionaire idee komt voor in het kader van de theorieën van unificatie. Deze theorieën beschrijven tegelijkertijd fysische verschijnselen die veroorzaakt worden door verschillende krachten. Kaluza en Klein ontwikkelden tussen 1921 en 1926 een theorie die er vanuit ging dat er een extra dimensie bestond. Deze theorie was in staat om zowel de zwaartekracht als electromagnetisme, de kracht die elektrische en de magnetische verschijnselen veroorzaakt (zoals de magnetische eigenschappen van materialen) te beschrijven.

Een van de belangrijkste kwesties in de huidige fysica is zo een “theorie van alles” te kunnen ontwikkelen. Een dergelijke theorie zou in staat zijn om alle vier bestaande krachten in de natuur te beschrijven: de zwaartekracht, electromagnetisme, de zwakke kracht en de sterke kracht. De sterke kracht zorgt ervoor dat bepaalde deeltjes stabiel zijn, zoals het proton. Op deze manier kunnen die deeltjes deel uit maken van atomen, en deze dan van alle chemisch actieve materie. De zwakke kracht is onder andere gerelateerd aan de radioactiviteit. Dit is het proces waardoor een niet-stabiel atoom energie kwijtraakt die als warmte wordt vrijgegeven, waarbij het verandert in een ander atoom. De kernenergie is daarop gebaseerd.

Wij hebben voorlopig geen theorie van alles tot onze beschikking. Er zijn wel bepaalde theorieën die met een gedeeltelijke oplossing daarvan komen. De meest bestudeerde theorie is zonder twijfel supersnarentheorie, die in de jaren tachtig geboren werd. De fundamentele objecten daarbij zijn snaren van verschillende types (gesloten, open) die zich in de ruimte-tijd bevinden. De trillingen van deze snaren veroorzaken het verschijnen van alle fundamentele deeltjes in de natuur (zoals het elektron) en de verschillende krachten die de deeltjes voelen, de zwaartekracht inclusief. Vreemd genoeg doet supersnarentheorie het wiskundig alleen goed als de snaren in tien di-

mensies bestaan (negen ruimtelijke dimensies en tijd). Als supersnarentheorie juist blijkt te zijn bestaan er dus niet meer en niet minder dan zes extra dimensies. Supersnarentheorie wordt wiskundig beschreven door een stel vergelijkingen die bepalen hoe de snaren trillen in deze uitgebreide ruimte-tijd.

Men kan zich voorstellen dat het bepaald niet makkelijk is om met een oplossing van de supersnarentheorie vergelijkingen te komen. Heel soms is het wel mogelijk door gebruik te maken van oplossingen van de Einstein-vergelijkingen in de ruimte-tijd met extra dimensies. Een van deze oplossingen is, dankzij een speciale eigenschap van de ruimte-tijd, niet alleen een oplossing van de Einstein-vergelijkingen maar ook van die van snarentheorie. Tot nu toe was er slechts een oplossing van de Einstein-vergelijkingen met die belangrijke eigenschap bekend. Deze oplossing beschrijft (exacte) gravitatiegolven die propageren in de ruimte-tijd en is cruciaal gebleken voor de supersnarentheorie. In dit proefschrift stellen we nieuwe oplossingen voor van de Einstein-vergelijkingen die de reeds bekende oplossing generaliseren, en die tegelijkertijd ook dezelfde eigenschap van de ruimte-tijd hebben. Dit maakt ze meteen nieuwe oplossingen van de vergelijkingen voor supersnaren. Ook belangrijk is de feit dat een aantal van de gevonden oplossingen van de Einstein-vergelijkingen zijn ook gravitatiegolven zoals de originele oplossing.

Het is niet ondenkbaar dat de gravitatiegolven beschreven door sommige oplossingen in dit proefschrift waargenomen zouden kunnen worden in de toekomst. Aan de andere kant, de algemene nieuwe oplossingen van de Einstein-vergelijkingen zouden even belangrijk kunnen worden voor de supersnarentheorie als de reeds bekende gravitatiegolfoplossing. En onze oplossingen zouden op deze manier bijdragen aan het ontwikkelen van een theorie van alles.